



Software educativo en la supervisión de la Química Inorgánica II

Educational software in the monitoring of Inorganic Chemistry II

Antônio Rony da Silva Pereira Rodrigues¹

Resumen

La Química, considerada una ciencia abstracta y desafiante para muchos estudiantes, requiere el uso de esquemas y representaciones. Ante esta dificultad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se presentan como una alternativa para enriquecer la enseñanza, introduciendo mecanismos interactivos en el aula. Este estudio, realizado durante 10 meses en la Universidad Estatal de Ceará, Brasil, evaluó la eficacia de los programas PhET y MolView en la enseñanza de Química Inorgánica II, dentro del Programa de Supervisión Académica. Ambos grupos utilizaron los programas, y mediante prepruebas, pruebas y cuestionarios se recopiló datos para evaluar la viabilidad de los programas. Se observó que la tasa de éxito de ambos grupos mejoró satisfactoriamente, y los estudiantes destacaron que los programas no solo facilitaron la comprensión de Química Inorgánica II, sino que también aplicaron la tecnología en otras disciplinas. Estos resultados sugieren que la integración de TIC en la enseñanza de la Química puede mejorar la comprensión y aplicabilidad de los conceptos, generando un impacto positivo en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave

Enseñanza de la química; supervisión; software educativo.

Abstract

Chemistry is often viewed as an abstract science, making it challenging students to grasp its concepts without visual aids. Information and Communication Technologies (ICT) offer a solution by introducing interactive tools to the classroom. This study, conducted over 10 months at the State University of Ceará, Brazil, evaluated the effectiveness of PhET and MolView software in teaching Inorganic Chemistry II within the Academic Monitoring Program. Both software applications were employed, and pre-tests, tests, and questionnaires were used for data collection. Results showed a significant improvement in the success rates of both groups, indicating enhanced understanding of Inorganic Chemistry II. Students reported that the software not only aided comprehension but also found applications in other disciplines. The findings underscore the potential of ICT in making complex subjects more accessible, suggesting that integrating such tools into Chemistry education can foster better understanding and engagement among students.

Keywords

Chemistry teaching; Monitoring; Educational software.

¹ Universidade Estadual do Ceará, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8980-6451>

Introducción

Los avances tecnológicos han impactado directamente en la educación, en la forma de aprender y enseñar. Actualmente, el entorno escolar presenta cada vez más vehículos que pueden ser utilizados para complementar el modelo tradicional de educación, que durante décadas se basó únicamente en el uso de la pizarra, la tiza, la voz del profesor y el libro de texto (Souza, 2019).

El uso de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en diferentes niveles de educación se ha expandido, para seguir la tendencia mundial de actualización científico-tecnológica. Las tecnologías de la información y la comunicación se utilizan para expresar la convergencia entre las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, agrupando herramientas como la televisión, el vídeo, la radio e Internet como medios de telecomunicación que facilitan la difusión de la información (Leite, 2019).

Las tecnologías de la información y la comunicación permiten utilizar nuevos entornos como espacios para la construcción del conocimiento, no restringidos a escuelas y centros universitarios, ahora residencias, empresas y entornos sociales pueden convertirse en espacios educativos (Leite, 2018).

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de la Química se caracteriza por ser un medio viable, porque la enseñanza de la Química es un reto por parte de los profesores, ante la dificultad en el aprendizaje de determinados contenidos por parte de los estudiantes (Delamuta et al., 2021). Esta dificultad se atribuye a la forma en que se está enseñando la disciplina de la Química, ya que se caracteriza por ser una disciplina de contenido, monótona que requiere memorización y poco contextualizada (Silva et al., 2015).

En cuanto a la química inorgánica, es una disciplina que contempla múltiples conceptos, como funciones inorgánicas, complejos, enlaces coordinados, estereoquímica y aplicaciones en sustancias sintéticas, polímeros y moléculas biológicas. Siendo una disciplina un área compleja (Yamaguchi, 2021). Así, se muestra el uso de métodos auxiliares de enseñanza como una alternativa para minimizar algunas dificultades, especialmente el seguimiento académico (Santos y Anacleto, 2007).

La supervisión académica fue establecida en Brasil por la Ley N.º 5.540, de 28 de noviembre de 1968, siendo sustituida por la Ley N.º 9.394 de 1996, de la Ley de Directrices y Bases de la Educación Nacional (LDB). Según el LDB, los estudiantes de supervisión pueden realizar tareas de enseñanza e investigación en las instituciones en las que estudian, en el papel de monitor, cumpliendo una planificación previamente elaborada. (Brasil, 1996).

Las universidades brasileñas comenzaron entonces a desarrollar programas que amplían el alcance de la supervisión, articulando la enseñanza, la investigación y la extensión, con un desempeño docente predominante en el que el profesor supervisor involucra al estudiante monitor en las actividades de la disciplina (Dantas, 2014).

Los programas de supervisión son un instrumento para el mejoramiento de la enseñanza de pregrado, a través de nuevas prácticas y experiencias pedagógicas que tienden a fortalecer e integrar la teoría y la práctica, con la cooperación entre estudiantes y profesores de instituciones educativas (Faganello y Dos Anjos, 2016).

En consecuencia, el presente estudio se centra en evaluar la aplicación del *software* educativo PhET Simulations y MolView, en el aprendizaje de los estudiantes monitoreados sobre los contenidos relacionados con la disciplina de Química Inorgánica II.

Software para la enseñanza de la Química

Varios programas pueden ser útiles en el proceso de enseñanza de la química, al permitir la visualización de conceptos de abstracción difícil, o hacer representaciones moleculares y compuestos químicos. Muchas versiones están disponibles, debido a la actualización constante de estas características. Es importante buscar recursos funcionales y disponibles, para demostrar funcionalidades útiles a las actividades pedagógicas (Souza, 2019).

El *software* de simulación es factible porque tenía la posibilidad de ser utilizado con clases expositivas dentro del aula, no requiriendo gasto en reactivos y reduciendo la generación de residuos de sustancias químicas nocivas para el medio ambiente (Pinheiro et al., 2015).

Uno de los programas más utilizados es PhET, el acrónimo de *Physics Educational Technology*. PhET Simulations es un *software* gratuito y de acceso abierto desarrollado por el ganador del Premio Nobel de física (2001) Carl Wieman en 2002. El proyecto PhET fue desarrollado en la Universidad de Colorado, el *software* permite la creación de simulaciones interactivas de matemáticas y ciencias, basadas en la investigación en educación e involucrando a los estudiantes en un entorno interactivo (PhET, 2023).

El PhET ha sido ampliamente trabajado como una alternativa tecnológica para la enseñanza de matemáticas, biología, física y química, al permitir una interfaz interactiva de simulaciones. Los estudios describen el uso del PhET como herramienta para la enseñanza de circuitos eléctricos (Feitosa y Lavor, 2020), trigonometría (De Souza et al., 2020), en la enseñanza de la Química General II (Salame y Makki, 2021) y en muchos otros contenidos de ciencias y matemáticas.

Otro *software* utilizado en este estudio y ampliamente utilizado por investigadores y profesores es MolView. MolView es un *software* gratuito y de acceso abierto, que comenzó como un convertidor de estructuras 2D y 3D, donde el usuario puede dibujar una fórmula estructural y visualizar un conformador 3D generado utilizando el *Chemical Identifier Resolver* (Linstrom y Mallard, 2001).

MolView ya se ha aplicado como material para la construcción de material didáctico de Química, para el estudio de fuerzas intermoleculares. Las pruebas de legibilidad de los materiales didácticos tuvieron aprobación del 81,6%, cuando se enriquecieron con visualización 3D basada en Molview, siendo muy factibles porque el porcentaje supera el 80% (Agustina et al., 2021). Múltiples estudios describen el uso de MolView, cómo generar la superficie del potencial electrostático molecular (Lakshminarayanan et al., 2021) y el uso de *docking* obtenido de Molview, para dibujar las estructuras de aglutinantes (Owona et al., 2021).

Metodología

Para evaluar la efectividad de la intervención de monitoreo, se utilizó una metodología cuantitativa, a través de un diseño cuasi-experimental, como lo proponen Grey (2001) y Kolb (1984). *Pre-test*, *test* y cuestionarios relacionados con la adhesión de los estudiantes a las tecnologías aplicadas en el estudio fueron utilizados como alternativa para evaluar el

interés y el desempeño de los estudiantes. Los estudios de Carrión-Paredes et al., (2020) y Zambrano y Giler, (2021), que evaluaron el uso de software educativo en la enseñanza de la Química, se utilizaron como marco teórico para el desarrollo de la investigación, los modelos de estudio se adaptaron a la disciplina estudiada en el seguimiento y para insertar las competencias y habilidades específicas abordadas.

Antecedentes y participantes

La muestra que participa en el estudio corresponde a estudiantes del curso de graduación en Química de la Universidad Estatal de Ceará/Universidad Abierta de Brasil, en el municipio de Campos Sales, Ceará, Brasil. Participaron en el estudio 60 estudiantes que asistían a la disciplina de Química Inorgánica II y actuaban como monitoreados dentro del Programa de Seguimiento Académico de la Prorectoría de Estudios de Pregrado (PROMAC/PROGRAD). El periodo de estudios corresponde a los semestres académicos de 2022.1 y 2022.2, de marzo a diciembre de 2022.

Los estudiantes fueron divididos en dos grupos: G1 - grupo cuyo monitoreo fue utilizado *software* educativo y G2 - grupo con clases de monitoreo sin el uso de *software* educativo. Como criterio de evaluación, con 5 meses de seguimiento, se aplicó la segunda fase del estudio, donde ambos grupos tuvieron clases de seguimiento utilizando *software* educativo. El diseño experimental para el desarrollo de la investigación se puede ver en la Figura 1.

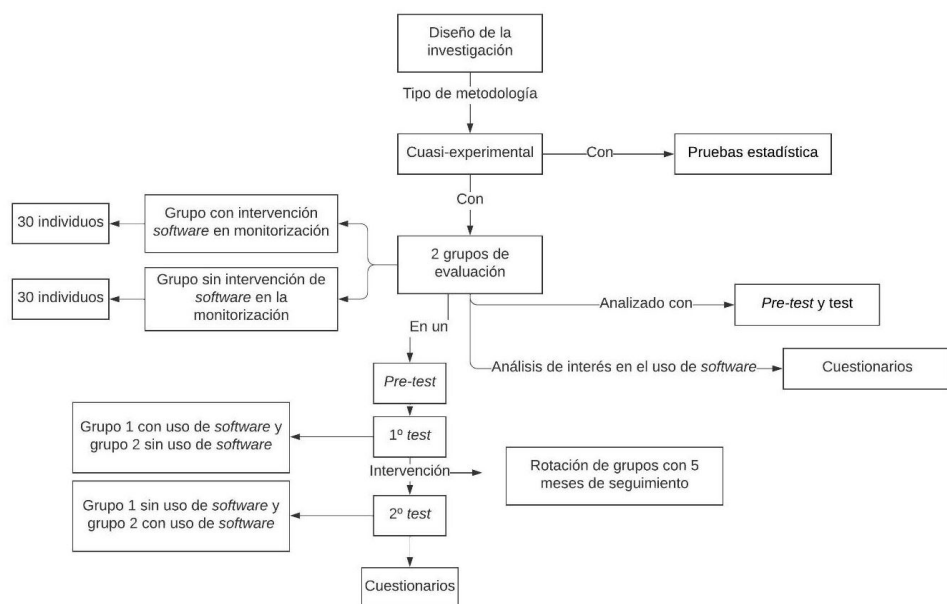


FIGURA 1. Diseño experimental para el desarrollo del estudio.

Diseño de evaluación

Para evaluar los conocimientos sobre Química Inorgánica II, los estudiantes describieron contenidos que los autores esperaban adquirir todos los monitorizados al final del seguimiento académico. Los contenidos son conocimientos básicos de Química Inorgánica II, indispensables para la comprensión de la disciplina. Los contenidos cubiertos se pueden ver en la Tabla 1.

Contenidos cubiertos en el seguimiento de la Química Inorgánica II
Solución e interpretación de la ecuación de onda
Compuestos de coordinación
Teoría del enlace de valencia
Teoría de campos cristalinos
Teoría de orbitales moleculares
Nomenclatura de compuestos de coordinación
Tipos de aglutinantes
Teoría de Werner
Estructura e isómero
Efecto quelato

TABLA 1. Contenidos cubiertos durante el año en el Programa de Seguimiento.

Como se observó en la Tabla 1, se describieron conocimientos básicos de química inorgánica, a partir de estos contenidos se elaboraron habilidades y competencias, que se esperaba que cada estudiante monitoreado desarrollara durante el monitoreo. Se optó por el uso de competencias y habilidades para facilitar el análisis de resultados y ser un método utilizado en parámetros educativos y evaluaciones internacionales, como el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), como lo describe Acevedo-Díaz (2005). Las habilidades y competencias se muestran en la Tabla 2.

Contenido cubierto en el monitoreo	Habilidades y competencias propuestas por el seguimiento
Solución e interpretación de la ecuación de onda	Comprender y calcular la función de onda para orbitales moleculares, especialmente orbitales p.
Compuestos de coordinación	Comprender los conceptos de ácidos de Lewis, ligandos y número de coordinación.
Teoría del enlace de valencia (TEV)	Comprender cómo TEV explica los enlaces covalentes y la geometría de los compuestos químicos.
Teoría de campos cristalinos (TCC)	Comprender la TCC para complejos octaédricos y el despliegue de orbitales d.
Teoría de orbitales moleculares	Comprender los tipos de orbitales y la conservación del número de orbitales.
Nomenclatura de compuestos de coordinación	Identificar y nombrar los compuestos de coordinación a partir de su estructura.
Tipos de aglutinantes	Identifica y nombra los ligandos entre tus 4 tipos de nomenclatura.
Teoría de Werner	Comprender los conceptos de enlaces coordinados y sus componentes.
Estructura e isómero	Identificar los tipos de isómeros y sus clasificaciones para compuestos de coordinación
Efecto quelato	Comprender la estabilidad de los complejos y sus agentes quelantes.

TABLA 2. Habilidades y competencias propuestas por el seguimiento en Química Inorgánica II.

Las habilidades y competencias (Tabla 2) fueron utilizadas como base para la elaboración de las *pre-test* y *test* durante el estudio. Las preguntas fueron dirigidas con un enfoque direccional a cada habilidad y competencia descrita para ser trabajada durante las clases de monitoreo en Química Inorgánica II.

Se aplicaron a 1 *pre-test* y 2 *test* que abordan el contenido del monitoreo, sus competencias y habilidades y 1 cuestionario, aplicado al final del período del programa de monitoreo.

El *pre-test* abordó preguntas básicas sobre química inorgánica, para evaluar el nivel de conocimiento sobre la disciplina, el cuestionario aplicado a ambos grupos evaluó las observaciones personales de los estudiantes sobre el uso del *software*.

En la preparación del *pre-test* se desarrollaron 5 habilidades básicas de química inorgánica. El instrumento cuestionario elaborado a través de habilidades y competencias específicas, permite la evaluación específica de habilidades de tipo de conocimiento (Muñoz y Charro, 2017). Los estudiantes realizaron la *pre-test* y las pruebas a través de material impreso con ítems de respuestas abiertas, siendo aplicados durante 1h30min. Las competencias evaluadas en el *pre-test* se pueden ver en la Tabla 3.

N.	Competencias evaluadas en el <i>pre-test</i>
Comp. 1	Comprender la estructura y los enlaces entre las moléculas de hidrógeno y oxígeno.
Comp. 2	Analizar y aplicar conceptos de estructura atómica y tabla periódica.
Comp. 3	Identificar propiedades periódicas y aperiódicas.
Comp. 4	Identificar compuestos inorgánicos
Comp. 5	Identificar y aplicar conceptos sobre metales de transición.

TABLA 3. Competencias evaluadas por el seguimiento en el *pre-test*.

Análisis de datos

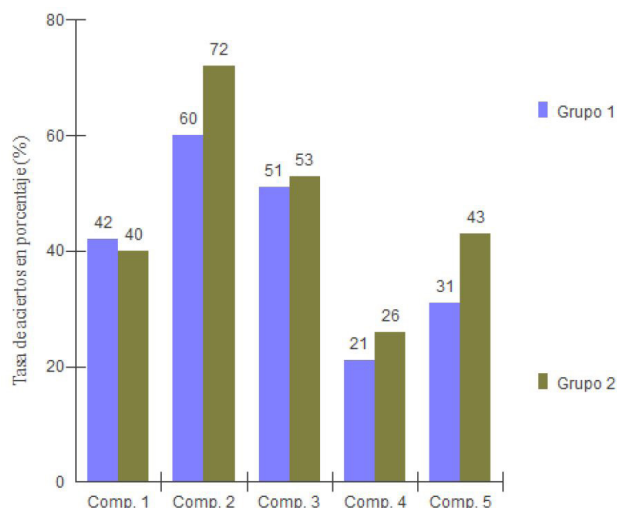
Los datos de la investigación fueron analizados con la ayuda del *software* libre BioEstat 5.0, a partir de los datos obtenidos de los *tests* y cuestionarios mensuales aplicados en el seguimiento académico. Para la clasificación, todos los *tests* se compusieron de 10 preguntas, con un valor de 1 punto cada pregunta, con una puntuación final de 10 puntos. Los cuestionarios constan de 5 preguntas, y los datos están dispuestos en porcentaje para una mejor presentación. Para calcular los resultados, se utilizó el promedio de respuestas correctas por competencia de cada grupo y se transformó en un porcentaje para presentar los datos.

Resultados y discusión

Análisis de los resultados de la pre-test

Los resultados de la aplicación de la *pre-test* revelaron que los estudiantes monitoreados tienen dificultad en lo que se trata con las competencias 2 (Identificar compuestos inorgánicos) y 3 (Identificar y aplicar conceptos sobre metales de transición), que son habilidades básicas para la Química Inorgánica I y conocimientos esenciales para la comprensión de la Química Inorgánica II. (Identificar propiedades periódicas y aperiódicas), fueron las que tuvieron el mayor número de respuestas correctas. En cuanto a la separación por grupos, el Grupo 1 (41%) tuvo una menor tasa de respuestas correctas en comparación con el Grupo 2 (46,8%). Los datos generales de los resultados obtenidos en el *pre-test* se pueden ver en la Figura 2.

FIGURA 2. Tasa de éxito de los grupos de estudio en el *pre-test* según la competencia abordada.



Análisis de los resultados del 1ª test

Lo primero *test* se aplicó a finales de julio de 2022, para ambos grupos. Tras el estudio de los contenidos de Solución e interpretación de la ecuación de onda, Coordinación de compuestos, Teoría del enlace de valencia (TEV), Teoría del campo cristalino (TCC) y Teoría de orbitales moleculares. El *test* buscó evaluar el aprendizaje de las competencias y habilidades propuestas (Tabla 4), y comparar los resultados de las respuestas correctas entre el grupo que utilizó *software* educativo y el grupo que no lo hizo. El *test* se realizó a través de 10 preguntas de opción múltiple, abordando las primeras 5 competencias y habilidades propuestas por los monitores.

N.	Habilidades y competencias propuestas por el seguimiento
Comp. 1	Comprender y calcular la función de onda para orbitales moleculares, especialmente orbitales p.
Comp. 2	Comprender los conceptos de ácidos de Lewis, ligandos y número de coordinación.
Comp. 3	Comprender cómo el TEV explica los enlaces covalentes y la geometría de los compuestos químicos.
Comp. 4	Comprender la TCC para complejos octaédricos y el despliegue de orbitales d.
Comp. 5	Comprender los tipos de orbitales y la conservación del número de orbitales.

TABLA 4. Competencias evaluadas por el seguimiento en el 1ª *test*.

Para una mejor presentación de los resultados, todos los resultados generales del 1ª *test* se muestran en el gráfico de la Figura 3.

Cuando se analiza el gráfico de la Figura 3, se observa que el Grupo 1, haciendo uso de *software* educativo, obtuvo mejores resultados en comparación con el Grupo 2, excepto en la competencia 2 (Comprensión de los conceptos de ácidos de Lewis, ligandos y número

de coordinación), este resultado puede estar vinculado al contenido abordado, ya que ya se habría enseñado en disciplinas anteriores como Química General. El Grupo 1 se mostró mejor en las preguntas que abordaron la teoría del campo cristalino y el despliegue de los orbitales d (competencia 4), con una tasa de aciertos del 85%, con un 54% más que el Grupo 2, esto se debe a que el uso del *software* PhET, ayudó en la comprensión de los espectros del campo visible (Figura 4), estudiado en la teoría del campo cristalino, permitiendo así una mejor comprensión del tema.

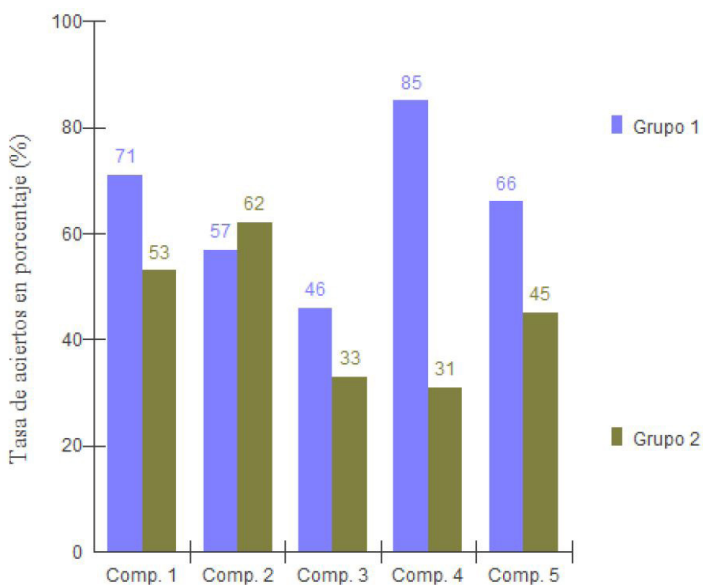


FIGURA 3. Tasa de éxito de las comisiones de estudio del 1^o test según la competencia abordada.

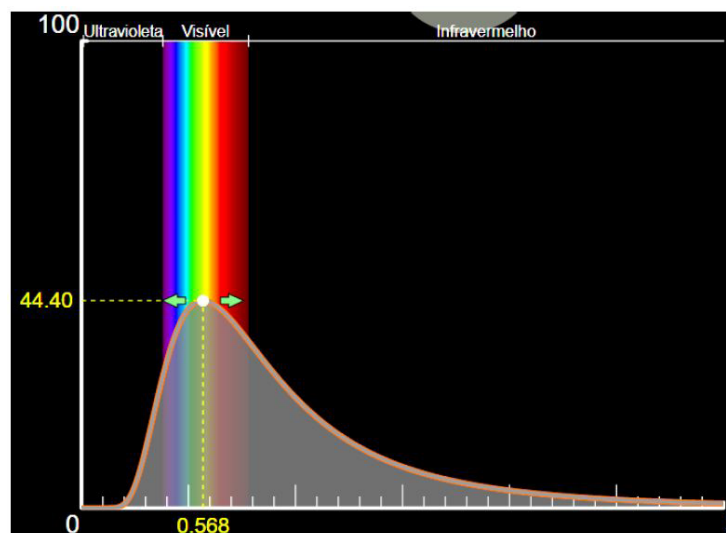


FIGURA 4. Espectro de luz simulado por el *software* PhET.

Después de la aplicación del 1^a test, se inició la segunda fase del estudio, donde ambos grupos comenzaron a tener las clases de monitoreo con el uso de *software*, para evaluar y comparar los resultados obtenidos del 1^o test y 2^o test que se aplicó al final del programa de monitoreo.

Análisis de los resultados del 2º test

Al finalizar el Programa de Seguimiento Académico (PROMAC), se aplicó el 2º test, con ambos grupos ya haciendo uso de *software* educativo, se buscó evaluar si los grupos tuvieran resultados similares, considerando que ambos comenzaron a utilizar *software* que permitía la visualización de los conceptos abstractos de Química Inorgánica II.

TABLA 5. Competencias evaluadas por el seguimiento para el 2º test.

N.	Habilidades y competencias propuestas por el seguimiento para el 2º test
Comp. 1	Identificar y nombrar los compuestos de coordinación a partir de su estructura.
Comp. 2	Identifica y nombra los ligandos entre tus 4 tipos de nomenclatura.
Comp. 3	Comprender los conceptos de enlaces coordinados y sus componentes.
Comp. 4	Identificar los tipos de isómeros y sus clasificaciones para compuestos de coordinación.
Comp. 5	Comprender la estabilidad de los complejos y sus agentes quelantes.

Para el 2º test, se observó que el Grupo 2 obtuvo mejores resultados, pero con una ligera ventaja del Grupo 1 de 9 puntos porcentuales. Cuando se compara la diferencia en las tasas de respuestas correctas entre el test 1 y la 2, se mantiene en el 20%, incluso con la mejora de los resultados por Grupo 2. En la evaluación por competencias, el Grupo 2 mostró mejores resultados en la competencia 2 (Identificar y nombrar los ligandos entre sus 4 tipos de nomenclatura), con una diferencia de 2 p.p., mientras que el Grupo 1 obtuvo mejores resultados para la competencia 5 (Comprender la estabilidad de los complejos y sus agentes quelantes), con una diferencia de 5 p.p. Los datos generales para el 2º test, están dispuestos en la figura 5.

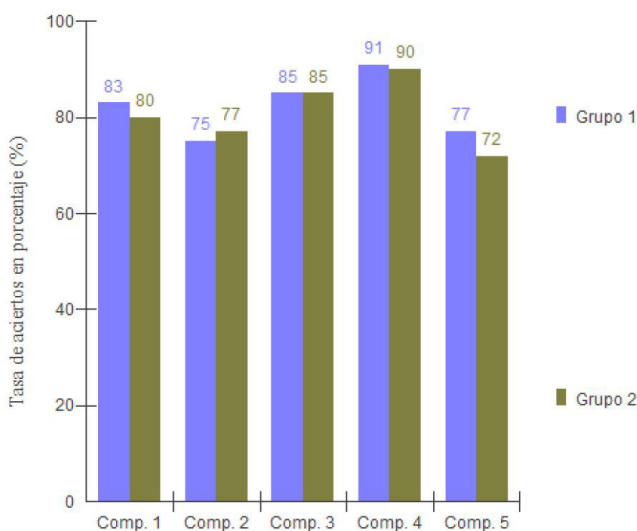


FIGURA 5. Tasa de éxito de las comisiones de estudio del 2º test según la competencia abordada.

Análisis de los resultados del cuestionario

Tras finalizar las actividades del programa de seguimiento y la disciplina de Química Inorgánica en diciembre de 2022, se aplicó un cuestionario de 5 preguntas, que podía ser respondido por SÍ o NO. El objetivo del cuestionario fue evaluar las observaciones personales de los estudiantes monitoreados, en vista del uso de *software* educativo por el monitoreo y el uso de las TIC en las clases ayudó en la comprensión de los contenidos de la disciplina. Los modelos del cuestionario aplicado se describen en la tabla 6.

TABLA 6. Plantilla de cuestionario aplicada al final del Programa de Seguimiento Académico.

Pregunta	Respuesta
¿Ha ayudado el uso de <i>software</i> educativo en la visualización de los conceptos abstractos de la química inorgánica?	SÍ NO
¿El uso de <i>software</i> ha facilitado el aprendizaje de la química inorgánica?	SÍ NO
¿Considera que el acceso y uso del <i>software</i> es fácil?	SÍ NO
¿Continuará utilizando el <i>software</i> como una herramienta auxiliar para otro contenido?	SÍ NO
¿Crees que el uso del <i>software</i> debería ser abordado por los profesores, además del monitoreo?	SÍ NO

Los datos obtenidos de los cuestionarios muestran que los estudiantes monitoreados ven el *software* educativo como una alternativa viable para complementar el estudio de la química inorgánica, y el 71% respondió que tiene la intención de continuar utilizando el *software* como fuente complementaria en la comprensión de los contenidos durante el curso del Grado en Química, además de que el 85% muestra interés en que los profesores apliquen el *software* en sus clases, como alternativa a la enseñanza de la Química. Los datos generales obtenidos de la aplicación del cuestionario se pueden ver en la Figura 6.

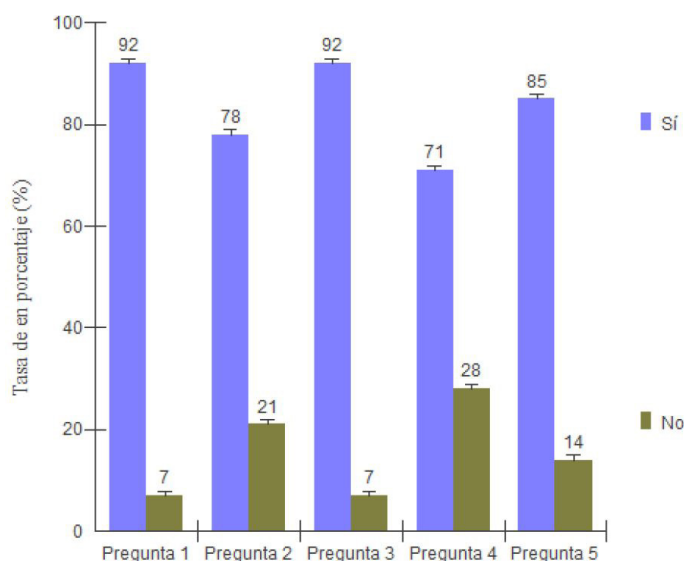


FIGURA 6. Resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de observaciones personales de los monitorizados.

De Paula et al. (2014), describe que el uso de software en la enseñanza de la Química ayuda a comprender los contenidos de la disciplina, porque muchos estudiantes describen los contenidos como abstractos y difíciles, lo que provoca desmotivación para estudiar la disciplina. Cuando se compara con los resultados obtenidos en esta investigación, se observa concordancia, donde 92% de los estudiantes describen que el uso de software ayudó a comprender los conceptos abstractos de Química.

Los estudios demuestran que la aplicación del software PhET para la enseñanza de la química es bien evaluada por los estudiantes. Sousa (2018), evaluó a través de cuestionarios estructurados la aplicabilidad del software PhET en los contenidos de Química Orgánica, y los estudiantes describen entre las ventajas de usar el software la posibilidad de visualizar las reacciones químicas, mejorando la visualización en tiempo real, ayudando a los estudiantes a comprender el contenido, además de ser descrito por los estudiantes como de fácil acceso y atractivo, así como descrito por 92% de la muestra que compone la muestra de la presente investigación.

El uso de software motiva y ayuda eficazmente en el aprendizaje de la Química Inorgánica II. Estudios realizados por Velásquez Granizo (2020), identificaron que, de la muestra total de 28 estudiantes incluidos en el estudio, 24 estudiantes (86%), considera que el software PhET motiva a los estudiantes a participar más en las clases y preguntar sobre el contenido que se está aplicando. El 79% considera que la PhET ayuda en el aprendizaje de la Química Inorgánica II y el 86 % informa que el uso de PhET, ayuda en la resolución de actividades de Química Inorgánica II.

Cuando los resultados en la *pre-test* y la *tets* se comparan con otros estudios descritos en la literatura, los resultados están de acuerdo. Santos (2022), utilizó el software PhET y evaluó el desempeño con el uso de tecnología, los resultados mostraron que 84,6% de los estudiantes presentaron buen o muy buen desempeño después del uso del software educativo, además de 92,3% de los estudiantes se autoevalúan con buen o muy buen desempeño, después del uso del PhET.

El análisis de desempeño evaluado por Silva (2016), realizado en dos clases del 2º año de secundaria, una con la utilización de software (2º G) y la otra sin uso (2º F), muestra que el uso de software en la enseñanza de la Química se refleja directamente en el aprendizaje. La aplicación de pruebas y el análisis de los resultados mostraron que la clase con el empleo de software presentó una tasa promedio de respuestas correctas de 91,8%, mientras que la clase sin la utilización del software tuvo una tasa promedio de 49,1%, un resultado promedio de 42,1% más errores.

Conclusiones

El uso de competencias permitió evaluar claramente los datos de cada *test* y *pre-test* aplicada, los resultados demuestran que el empleo de *software* educativo para la enseñanza de la Química Inorgánica II es factible, y puede ampliarse a otras disciplinas dentro de las Ciencias Exactas y Biológicas. El seguimiento posibilita un nuevo momento de aprendizaje, con un alumno que ha experimentado el estudio de la disciplina cuyo monitor enseña, lo que transforma un ambiente de comprensión y comprensión de las dificultades.

La aplicación de las tecnologías de la comunicación y la información en el monitoreo permitió observar un mayor interés en asistir a las clases de monitoreo y mejores resultados. El uso de *software* educativo en la enseñanza de la Química es esencial para la comprensión de los conceptos abstractos de la disciplina, que a menudo no es posible demostrar a través de libros y explicaciones en el cuadro.

Se necesitan más estudios con grupos más grandes de estudiantes, utilizando metodologías y un mayor número de evaluaciones sobre los temas abordados. Este estudio contribuye con nuevas reflexiones sobre el uso del *software* educativo en la enseñanza de la Química, centrándose en la enseñanza de la Química Inorgánica II.

Referencias bibliográficas

Acevedo-Díaz, J. A. (2005). TIMSS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301. <http://hdl.handle.net/10498/16248>

- Agustina, N. I., Munzil, M., Habiddin, H., y Muchson, M. (2021). Development of Guided Inquiry based E-Learning Teaching Material on the Intermolecular Forces Enriched with Molview. *Journal of Disruptive Learning Innovation (JODLI)*, 2(2), 80 – 88. <http://dx.doi.org/10.17977/um072v2i22021p80-88>
- Carrión-Paredes, F. A., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., y Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de Química. *CIENCIAMATRIA*, 6(3), 193 – 216. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>
- Dantas, O. M. (2014). Monitoria: fonte de saberes à docência superior. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 95(241), 567 – 589. <https://doi.org/10.1590/S2176-6681/301611386>
- De Paula, A.C., da Luz, L.R.M.V., Viali, L., y Lahm, R. A. (2014). Softwares educacionais para o ensino de física, química e biologia. *Revista Ciências & Ideias*. 5(1), 106 – 121. https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11898/2/Softwares_educacionais_para_o_ensino_de_fisica_quimica_e_biologia.pdf
- De Souza, M. P., Ramos, M. D. S. F., & Lavor, O. P. (2020). Investigando o ensino de trigonometria através da interdisciplinaridade com um simulador da plataforma PhET. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(3), 573 – 591. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v8i3.10784>
- Delamuta, B. H., Neto, J. C., Junior, S. L. S., & de Souza Assai, N. D. (2021). O uso de aplicativos para o ensino de Química: uma revisão sistemática de literatura. *Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, 7, e145621-e145621. <https://doi.org/10.31417/educitec.v7.1456>
- Feitosa, M. C. y Lavor, O. P. (2020). Ensino de circuitos elétricos com auxílio de um simulador do PHET. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 8(1), 125 – 138. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i1.9014>
- Grey, M. (2001). *Desenhos experimentais e quase-experimentais*. In: Lobiondo-Wood G, Haber J. Pesquisa em enfermagem, métodos, avaliação crítica e utilização. 4.^a ed. Guanabara-Koogan.
- Kolb, D. A. (1984). *Aprendizagem Experiencial: A experiência como fonte de aprendizagem e desenvolvimento*. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Lakshminarayanan, S., Jeyasingh, V., Murugesan, K., Selvapalam, N. y Dass, G. (2021). Molecular electrostatic potential (MEP) surface analysis of chemo sensors: An extra supporting hand for strength, selectivity & non-traditional interactions. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 6, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.jpap.2021.100022>
- Leite, B. S. (2018). *Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente*. Appris Editora e Livraria Eireli-ME.
- Leite, B. S. (2019). Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro. *Scientia Naturalis*, 1(3). <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2570>

- Linstrom, P. J. y Mallard, W. G. (2001). The NIST Chemistry WebBook: A chemical data resource on the internet. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 46(5), 1059 – 1063. <https://doi.org/10.1021/je000236i>
- Muñoz, J. y Charro, E. (2017). Los Ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 317 – 338. <http://hdl.handle.net/10498/19220>
- Owona, V., Galani, B., y Moundipa, P. (2021). In silico identification of apigenin and narcissin (food-flavonoids) as potential targets against SARS-CoV-2 viral proteins: comparison with the effect of remdesivir. *Journal Of Clinical Anesthesia and Pain Management*, 5(1), 214 – 223. <http://dx.doi.org/10.36959/377/356>
- PhET Interactive Simulations. (2023). *Universidad de Colorado*. https://phet.colorado.edu/pt_BR/
- Pinheiro A. F., Araújo, M. D. y Pessoa, J. E. S. F. (26 – 29 de octubre de 2015). *Software de Simulação: Um recurso facilitador no processo de ensino e aprendizagem de Química*. XII Congresso Nacional de Educação, Curitiba, Paraná, Brasil.
- Salame, I. I. y Makki, J. (2021). Examining the use of PhEt simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- SANTOS, C.L.L.D. (2022). *TICs em educação: abordagem do uso de softwares educacionais no ensino de química pelos estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco* [Proyecto final de curso, Universidad Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/45071>
- Silva, P. F., Silva, T. P. D., & Silva, G. N. D. (2015). StudyLab: Construção e Avaliação de um aplicativo para auxiliar o Ensino de Química por professores da Educação Básica. *Revista Tecnologias na Educação*, 13(7), 1-10. <https://tecedu.pro.br/ano7-numerovol13-2015/>
- Silva, V.P.D. (2016). *Tecnologia educacional em física (phet-physics education technology) uma ferramenta auxiliar no ensino de química* [Proyecto final de curso, Universidad Federal de Ceará]. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/48542>
- Sousa, N. M. D. O. (2018). *A utilização do repositório digital PHET como ferramenta no ensino de química orgânica* [Proyecto final de curso, Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Piauí]. <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/1265>
- Souza, L.D. (2019). *Seleção, organização e disponibilização de conteúdos digitais para professores de química através de um ambiente virtual* [Tesis de Maestría, Instituto de Química de la Universidad Federal de Río de Janeiro]. <https://profqui.iq.ufrj.br/ufrj/>
- Velásquez Granizo, K.G. (2020). *Simulador PhET como recurso didáctico para el aprendizaje de química inorgánica con los estudiantes de tercer semestre de la carrera de la pedagogía de la química y biología periodo abril – agosto del 2020* [Proyecto final de curso, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7056>

Zambrano, R.W.G. y Giler, F.E.S. (2021). Fortalecimiento teórico-práctico de la enseñanza de la Química mediante la aplicación de simuladores virtuales a los estudiantes de 2do año de Bachillerato de la Unidad Educativa Técnico Uruguay de la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí. *Revista Cognosis*, 6(2), 71-92. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v6i2.2922>